

PROYEKSI DATA PRODUK DOMESTIK BRUTO (PDB) DAN FOREIGN DIRECT INVESTMENT (FDI) MENGGUNAKAN VECTOR AUTOREGRESSIVE (VAR)

Indra Satria¹, Hasbi Yasin², Suparti³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

^{2,3}Staff Pengajar Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro

satria.indra@hotmail.com, hasbiyasin@live.undip.ac.id, supartisudargo@yahoo.co.id

ABSTRACT

Gross Domestic Product (GDP) and Foreign Direct Investment (FDI) is an economic instrument that has an attachment and often used for economic development of a country. To predict these two variables there are several methods that can be used, one of which is a method of Vector Autoregressive (VAR). VAR method has some assumptions that the data to be foreseen must have an attachment, stationary in the mean and variance and the resulting error must meet the test of independence and normal distribution. In the early stages of identification done by considering the value of AIC as a determinant of the optimal lag value, which in this case lag 4 who came out as the optimal lag. Granger causality test as an attachment test between variable and Augmented Dickey Fuller test (ADF) as a stationary test. In the parameter estimation phase used Ordinary Least Square method (OLS) to determine the values of the parameters to be used as a model. After getting the model it is necessary to do verification on condition that the residuals must comply with the independence test and multivariate normal test. With a second fulfillment verification test is carried out projections for the next 5 years with a value of R-Square 64% to GDP and 48% for the variable FDI

Keywords: FDI, GDP, VAR, causality, independency, multivariate normal, R-Square

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan dengan model akunting makin banyak digunakan oleh akademisi maupun praktisi untuk mengamati fenomena ekonomi dan mengidentifikasi perilaku agen ekonomi dalam merespon fenomena yang terjadi. Pembangunan ekonomi merupakan salah satu faktor yang sering dilihat dalam kemajuan suatu negara, sehingga banyak praktisi dan akademisi yang menganalisa pembangunan ekonomi dengan melihat beberapa variabel di dalamnya, dan pada akhirnya variabel tersebut dapat dibuat model akunting yang memudahkan praktisi maupun akademisi dalam melihat pertumbuhan ekonomi negara tersebut ke depan. Dalam melihat pembangunan ekonomi digunakan beberapa variabel seperti Produk Domestik Bruto (PDB) dan Foreign Direct Investment (FDI)^[2].

PDB dan FDI merupakan data runtun waktu yang menunjukkan aktivitas selama kurun waktu tertentu. Mengingat lag data yang cukup lama dan data-data pendukung untuk penyusunan angka ramalan juga terdapat informasi dalam publikasinya dan belum adanya penelitian tentang kedua variabel tersebut maka perlu dibuat data ramalan yang pada akhirnya dapat memudahkan dalam menghasilkan informasi.

Runtun waktu (time series) adalah serangkaian nilai pengamatan (observasi) yang diambil selama kurun waktu tertentu, pada umumnya dalam interval-interval yang sama panjang. Runtun waktu menampakkan sejumlah tertentu pergerakan atau variasi yang khas. Analisis pergerakan khas runtun waktu dianggap penting dalam berbagai hal, salah satunya adalah untuk tujuan proyeksi pergerakan variabel di masa mendatang^[7].

Salah satu dari metode untuk menganalisis data runtun waktu adalah Autoregressive (AR). Autoregressive (AR) merupakan metode yang menggambarkan bahwa variabel dependen dipengaruhi oleh variabel dependen itu sendiri pada periode-periode dan waktu-waktu sebelumnya^[11]. Mengingat dalam pembangunan ekonomi terdapat beberapa variabel dan

antar variabel memiliki keterkaitan antar masing-masing variabel dipergunakan metode Vector Autoregressive (VAR) yang mampu melakukan peramalan secara bersama-sama.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Dasar Analisis Runtun Waktu

Analisis runtun waktu adalah salah satu prosedur statistika yang diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang ^[14]. Data runtun waktu merupakan sekumpulan observasi dalam rentang waktu tertentu. Tujuannya adalah untuk menggambarkan perkembangan suatu kegiatan dari waktu ke waktu. Data ini dikumpulkan dalam interval waktu secara kontinu. Data ini sering disebut dengan data historis ^[17].

2.2. Model Autoregressive (AR)

Model Autoregressive (AR) mempunyai bentuk umum persamaan sebagai berikut:

$$Y_t = \theta_1 Y_{t-1} + \theta_2 Y_{t-2} + \theta_3 Y_{t-3} + \dots + \theta_p Y_{t-p} + e_t$$

Di mana:

Y_t = variabel pengamatan pada waktu ke- t

Y_{t-i} = variabel pengamatan pada waktu ke $t-i$, dengan $i = 1, 2, \dots, p$

θ_i = parameter autoregressive ke- i , dengan $i = 1, 2, \dots, p$

e_t = error atau residual pada waktu ke- t

Model autoregressive harus memenuhi beberapa asumsi agar model yang dihasilkan baik dan dapat dipakai dalam meramalkan, asumsi tersebut seperti data yang stasioner dalam mean dan varian, dan e_t berdistribusi normal $N(0, \sigma_e^2)$ dan merupakan proses white noise yang berarti error yang dihasilkan dari pemodelan harus memenuhi uji independensi dan berdistribusi normal.

2.3. Uji Stasioneritas

Uji Stasioneritas dapat dideteksi secara formal menggunakan uji *Augmented* Dickey-Fuller (ADF). Uji ini melihat apakah terdapat *unit root* di dalam model atau tidak.

Berikut ini contoh taksiran model runtun waktu dengan proses AR(1) :

$$Y_t = \phi Y_{t-1} + a_t$$

$$\phi = \frac{\sum_{t=1}^n Y_{t-1} Y_t}{\sum_{t=1}^n Y_{t-1}^2}$$

Statistik uji pada uji stasioneritas dapat dihitung dengan menggunakan ADF hitung. Uji ADF dilakukan dengan tahap pengujian hipotesis sebagai berikut ^[16]:

Hipotesis:

$H_0: \phi = 1$ (terdapat *unit root* atau data tidak stasioner)

$H_1: |\phi| < 1$ (tidak terdapat *unit root* atau data stasioner)

Statistik Uji:

$$\text{ADF hitung} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})}$$

dengan

$$SE(\hat{\phi}) = [\hat{\sigma}_e^2 (\sum_{t=1}^n Y_{t-1}^2)]^{1/2}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{\phi} Y_{t-1})^2}{(n-1)}$$

$t = 1, \dots, n, Y_0 = 0$. Hipotesis nol ditolak jika nilai statistik uji ADF hitung kurang dari nilai tabel *Critical Value* ADF 5% atau nilai prob ADF lebih kecil dari nilai residual pada output. Jika hipotesis nol ditolak, maka data stasioner ^[16].

2.4. Uji Kausalitas

Uji kausalitas adalah pengujian untuk menentukan hubungan sebab akibat antara variabel dalam sistem VAR. Jika terjadi kausalitas dalam perilaku ekonomi maka di dalam model ekonometrika ini tidak terdapat variabel eksogen, semua variabel merupakan variabel endogen. Untuk melakukan pengujian terhadap hipotesis digunakan uji F dengan tahapan pengujian sebagai berikut^[3]:

Hipotesis :

$H_0 : \theta_{ji} = 0$ (variabel satu tidak berpengaruh terhadap variabel lain)

H_1 : paling sedikit ada satu $\theta_{ji} \neq 0$ (variabel satu berpengaruh terhadap variabel lain) dengan $i = 1, 2, \dots, p$ dan $j = 1, 2, \dots, k$

atau

$H_0 : \gamma_{ji} = 0$ (variabel satu tidak berpengaruh terhadap variabel lain)

H_1 : paling sedikit ada satu $\gamma_{ji} \neq 0$ (variabel satu berpengaruh terhadap variabel lain) dengan $i = 1, 2, \dots, p$ dan $j = 1, 2, \dots, k$

Hubungan sebab akibat ini bisa diuji dengan menggunakan uji kausalitas Granger, dengan statistik uji sebagai berikut:

$$F_{hitung} = \frac{(RSS_R - RSS_{UR})/p}{(RSS_{UR})/(n-b)}$$

dengan:

RSS_R : jumlah residual kuadrat *restricted*

RSS_{UR} : jumlah residual kuadrat *unrestricted*

p : banyak *lag*

n : banyak data pengamatan

b : banyak parameter yang diestimasi pada model

Jika nilai F hitung melebihi nilai $F_{(p,n-b)}$ tabel pada signifikansi 5% atau nilai $\text{prob} < \alpha$, maka hipotesis nol ditolak, sehingga dapat disimpulkan variabel satu berpengaruh terhadap variabel lain

2.5. Model Vector Autoregressive (VAR)

Jika data yang digunakan dalam analisis adalah data runtun waktu dan terdiri dari lebih dari 1 variabel, model *Vector Autoregressive* (VAR) menawarkan alternatif pemodelan sebagai jalan keluar persoalan tersebut. Model VAR dibangun dengan pendekatan yang meminimalkan teori dengan tujuan agar mampu menangkap fenomena ekonomi dengan baik. Model VAR disebut sebagai model non-struktural atau model tidak teoritis (*ateoritis*). Asumsi dalam model VAR menganggap bahwa semua variabel ekonomi adalah saling tergantung dengan yang lain. Secara umum model VAR dengan K variabel dapat ditulis sebagai berikut^[17]:

$$Y_{jt} = \beta_j + \sum_{i=1}^p \gamma_{ji} Y_{1,t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_{ji} Y_{2,t-i} + \dots + \sum_{i=1}^p \lambda_{Ki} Y_{K,t-i} + e_{jt} \quad (14)$$

dengan

Y_{jt} = angka peramalan variabel j pada waktu ke- t

β_j = konstanta untuk variabel j

γ_{ji} = nilai parameter pada variabel 1 *lag* ke- i

θ_{ji} = nilai parameter pada variabel 2 *lag* ke- i

λ_{Ki} = nilai parameter pada variabel K *lag* ke- i

e_{jt} = nilai residual j pada waktu ke- t

t : 1, 2, ..., n dengan n = banyaknya pengamatan

j : 1, 2, ..., K dengan K = banyaknya variabel

i : 1, 2, ..., p dengan p = banyaknya lag

2.6. Pemilihan lag Optimal

Pemeriksaan lag digunakan untuk menentukan panjang lag optimal yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya dan akan menemukan estimasi parameter untuk model *Vector Autoregressive* (VAR). Salah satu kriteria dalam penentuan model terbaik adalah menggunakan *Akaike's Information Criterion* (AIC)^[6]. Suatu model dikatakan baik apabila nilai AIC-nya paling kecil. Perhitungan nilai AIC adalah sebagai berikut:

$$AIC(p) = \log|\hat{\Sigma}_p| + \frac{2}{T}pK^2$$

Dimana $\hat{\Sigma}_p = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t \hat{e}_t'$ adalah matriks penduga kovarian residual untuk model VAR(p), T merupakan banyaknya residual dan K merupakan banyaknya variabel. Panjangnya lag optimal berada pada nilai AIC yang paling minimum dengan mengambil nilai absolutnya (Widarjono, 2013)

2.7. Estimasi Parameter

Suatu model VAR dapat direpresentasikan sebagai sebuah model linear dan parameter-parameter *autoregressive* model dapat diestimasi menggunakan metode kuadrat terkecil atau metode *least square*. Dimisalkan perhitungan OLS dengan 2 variabel pengujian dan jumlah lag p dengan model VAR adalah sebagai berikut:

$$Y_{1,t} = \beta_1 + \gamma_{11}Y_{1,t-1} + \dots + \gamma_{1p}Y_{1,t-p} + \theta_{11}Y_{2,t-1} + \dots + \theta_{1p}Y_{2,t-p} + e_{1,t}$$

$$Y_{2,t} = \beta_2 + \gamma_{21}Y_{1,t-1} + \dots + \gamma_{2p}Y_{1,t-p} + \theta_{21}Y_{2,t-1} + \dots + \theta_{2p}Y_{2,t-p} + e_{2,t}$$

Prinsip dari estimasi parameter OLS adalah meminimalkan kuadrat residual (*residual sum of square* atau RSS) yang dituliskan pada persamaan (3)^[15]. Pada pengujian ini akan dilakukan estimasi parameter terhadap model $Y_{j,t}$ dengan parameter γ_{ji} dan θ_{ji} .

$$RSS_j = \sum_{t=1}^n (e_{jt})^2 = \sum_{t=1}^n (Y_{jt} - \beta_j - \gamma_{j1}Y_{1,t-1} - \dots - \gamma_{jp}Y_{j,t-p} - \theta_{j1}Y_{2,t-1} - \dots - \theta_{jp}Y_{j,t-p})^2 \quad (3)$$

Persamaan RSS_j diturunkan terhadap semua parameter yang akan diestimasi dalam model kemudian disamakan dengan nol. Sehingga didapatkan persamaan dalam bentuk matriks sebagai berikut:

$$\hat{\beta} = [X'X]^{-1}X'Y$$

2.8. Pengujian Asumsi Residual

2.8.1 Uji Independensi

Residual bersifat Independen berarti residual dari masing-masing data tidak saling berhubungan. Tes multivariat Portmanteau merupakan generalisasi dari Ljung dan Box. Untuk kasus multivariat, dapat digunakan untuk menguji independen dari vektor error.

Hipotesis^[6]:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = I \quad (\text{residual independen})$$

$$H_1: \text{minimal ada satu } \rho_i \neq I \text{ dimana } i=1, 2, \dots, p \quad (\text{residual tidak independen})$$

Statistik uji:

$$Q_h = T \sum_{j=1}^h \text{tr}(\hat{C}_j' \hat{C}_0^{-1} \hat{C}_j \hat{C}_0^{-1})$$

di mana $\hat{C}_j = T^{-1} \sum_{t=j+1}^T \hat{e}_t \hat{e}_{t-j}'$ dan \hat{e}_t merupakan penduga residual.

T = ukuran sampel

p = banyak lag

tr(A) = trace dari matriks A, dimana $A = \hat{C}_j' \hat{C}_0^{-1} \hat{C}_j \hat{C}_0^{-1}$

Kriteria uji:

Tolak H_0 jika $Q_h \geq \chi^2_{(K^2p, \alpha)}$ atau p-value $< \alpha$. Dimana K adalah banyaknya variabel.

2.8.2 Uji Multinormal Residual

Pengujian terhadap asumsi ini bermaksud untuk mengetahui error dari peramalan dengan model VAR mengikuti distribusi normal multivariat atau tidak. Metode untuk mengevaluasi kesesuaian data residual dengan distribusi normal multivariat secara visual dapat dilihat melalui *Quantile-Quantile* plot (*Q-Q* plot) sedangkan secara formal pengujian normalitas digunakan uji Kolmogorov-Smirnov^[1]. Residual secara visual dikatakan mengikuti distribusi normal jika *Q-Q* plot yang dihasilkan mendekati garis lurus.

Hipotesis:

$H_0: F(di^2) = F_0(di^2)$ (Jarak mahalanobis data berdistribusi chi-square)

$H_1: F(di^2) \neq F_0(di^2)$ (Jarak mahalanobis data tidak berdistribusi chi-square)

x merupakan jarak kuadrat mahalanobis (d_i^2). $F(x)$ adalah fungsi distribusi dari data yang belum diketahui, dan $F_0(x)$ adalah fungsi distribusi data yang dihipotesiskan.

Statistik uji:

$$D = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$$

dengan $S(x)$ adalah fungsi peluang kumulatif yang dihitung dari data sampel. Kriteria uji:

Tolak H_0 jika $D \geq D_{(1-\alpha),n}$ atau p-value $< \alpha$ dengan $D_{(1-\alpha)}$ adalah nilai dari tabel Kolmogorov-Smirnov dengan kuantil $1-\alpha$.

2.9. Produk Domestik Bruto (PDB)

Produk Domestik Bruto (PDB) merupakan salah satu model akunting yang sering digunakan oleh para praktisi guna melihat nilai keseluruhan semua barang dan jasa yang diproduksi dalam jangka waktu tertentu (biasanya per tahun). Produk Domestik Bruto ini berguna untuk menghitung pendapatan nasional yang pada akhirnya akan digunakan untuk melihat pertumbuhan ekonomi suatu Negara^[8].

2.10 Foreign Direct Investment (FDI)

Foreign Direct Investment (FDI) atau investasi langsung luar negeri adalah salah satu ciri penting dari sistem ekonomi yang kian mengglobal. Hal ini bermula saat sebuah perusahaan dari suatu negara menanamkan modalnya dalam jangka panjang ke sebuah perusahaan di negara lain. Dengan cara ini perusahaan yang ada di negara asal bisa mengendalikan perusahaan yang ada di negara tujuan investasi baik sebagian atau seluruhnya.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Data yang diperoleh dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu dari laporan data tahunan situs resmi *World Bank* (www.worldbank.org).

3.2. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini akan diuraikan sebagai berikut:

1. Analisis statistika deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan keadaan data.
2. Identifikasi model dengan melihat kestasioneran data, jika data tidak stasioner dalam variansi maka dilakukan transformasi Box-Cox (penstabilan variansi) sedangkan jika data tidak stasioner dalam rata-rata maka dilakukan proses pembeda (*differencing*).
3. Uji kausalitas guna melihat hubungan antar variabel.
4. Pengujian *lag* optimal yang bertujuan untuk menentukan panjangnya *lag* optimal yang akan digunakan dalam analisis selanjutnya dengan menggunakan kriteria AIC.
5. Estimasi parameter model VAR adalah dengan menggunakan metode OLS.

6. Pengujian signifikansi parameter berdasarkan *lag* tiap variabel yang berpengaruh terhadap variabel endogen.
7. Pengujian asumsi residual dalam model VAR yang harus dipenuhi adalah independensi dan multinormal residual.
8. Peramalan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan *Foreign Direct Investment* (FDI).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Statistika Deskriptif

Statistik deskriptif data guna mendapatkan gambaran tentang keadaan data.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Data.

	FDI	PDB
Mean	2785245706.957449	196622483811.9788
Median	258000000	101455000000
Maximum	23344321820	876719347689
Minimum	-4550355000	5980840000
Std. Dev.	5775100180.718424	230842755061.8059
Observations	47	47

4.2. Uji Stasioneritas

a. Sebelum Differencing

Data *Foreign Direct Investment*

Hipotesis:

H_0 = Terdapat *unit root* (data *Foreign Direct Investment* tidak stasioner)

H_1 = Tidak terdapat *unit root* (data *Foreign Direct Investment* stasioner)

Taraf Signifikansi $\alpha = 5\%$ (0,05)

Statistik Uji:

$$\text{ADF hitung} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})} = 1,140386 \text{ dengan prob} = 0,9973$$

Kriteria Uji:

H_0 ditolak jika nilai prob. $< \alpha$ atau nilai ADF hitung $<$ nilai tabel *Critical Value*

ADF (5%) = -2,926622

Perhitungan:

Karena ADF hitung = 1,140386 $>$ -2,926622 = *Critical Value* ADF (5%) dan nilai prob. = 0,9973 $>$ 0,05 = α maka diambil keputusan bahwa H_0 diterima.

Kesimpulan:

Dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dapat disimpulkan data *Foreign Direct Investment* mengandung *unit root* atau data tidak stasioner.

Karena variabel *Foreign Direct Investment* tidak stasioner maka dilakukan *differencing* pada variabel *Foreign Direct Investment* dengan *lag* 1 atau disebut d_FDI .

Data Produk Domestik Bruto (PDB)

Hipotesis:

H_0 = Terdapat *unit root* (data PDB tidak stasioner)

H_1 = Tidak terdapat *unit root* (data PDB stasioner)

Taraf Signifikansi $\alpha = 5\%$ (0,05)

Statistik Uji :

$$\text{ADF hitung} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})} = 3,335845 \text{ dengan prob.} = 1,0000$$

Kriteria Uji :

H₀ ditolak jika nilai Prob. < α atau nilai ADF hitung < nilai tabel *Critical Value* ADF (5%)

Perhitungan:

Karena ADF hitung = 3,335845 > -2,926622 = *Critical Value* ADF (5%) dan nilai prob. = 1,0000 > nilai α = 0,05 maka diambil keputusan H₀ diterima

Kesimpulan:

Dengan taraf signifikansi α = 5% dapat disimpulkan data PDB mengandung *unit root* atau data tidak stasioner.

Karena variabel PDB tidak stasioner maka dilakukan *differencing* pada variabel PDB dengan kelambanan (*lag*) 1 atau disebut d_PDB

b. Sesudah Differencing

Selanjutnya dilakukan uji stasioneritas terhadap variabel d_FDI dengan pengujian sebagai berikut:

Hipotesis:

H₀ = Terdapat *unit root* (data d_FDI tidak stasioner)

H₁ = Tidak terdapat *unit root* (data d_FDI stasioner)

Taraf Signifikansi: α = 5%

Statistik Uji:

$$\text{ADF hitung} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})} = -6,310550 \text{ dengan prob.} = 0,0000$$

Kriteria Uji :

H₀ ditolak jika nilai Prob. < α atau nilai ADF hitung < nilai tabel *Critical Value* ADF (5%) = -2,928142

Perhitungan:

Karena ADF hitung = -6,310550 < -2,926622 = *Critical Value* ADF (5%) dan nilai prob. = 0,0000 < 0,05 = α maka diambil keputusan H₀ ditolak.

Kesimpulan:

Dengan menggunakan taraf signifikansi α = 5% dapat disimpulkan data d_FDI tidak mengandung *unit root* atau data stasioner.

Selanjutnya dilakukan uji stasioneritas terhadap variabel d_PDB dengan pengujian sebagai berikut:

Hipotesis:

H₀ = Terdapat *unit root* (data d_PDB tidak stasioner)

H₁ = Tidak terdapat *unit root* (data d_PDB stasioner)

Taraf Signifikansi α = 5% (0,05)

Statistik Uji :

$$\text{ADF hitung} = \frac{\hat{\phi} - 1}{SE(\hat{\phi})} = -4,058259 \text{ dengan prob.} = 0,0027$$

Kriteria Uji :

H₀ ditolak jika nilai Prob. < α atau nilai ADF hitung < nilai tabel *Critical Value* ADF (5%) = -2,928142

Perhitungan:

Karena nilai ADF hitung = -4,058259 < -2,926622 = *Critical Value* ADF (5%) dan nilai prob. = 0,0027 < nilai α = 0,05 maka diambil keputusan H₀ ditolak.

Kesimpulan:

Dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ disimpulkan data d_PDB tidak mengandung *unit root* atau data stasioner.

4.3. Uji Kausalitas Granger

Tabel 2. Uji Kausalitas Granger

Jumlah Lag	Variabel	F _{hitung}	F _{table}	Keputusan	Kesimpulan
Lag 1	d_FDI	0,25848	2,61	H ₀ diterima	d_FDI tidak mempengaruhi d_PDB
	d_PDB	6,59548	2,61	H ₀ ditolak	d_PDB mempengaruhi d_FDI
Lag 2	d_FDI	1,58869	2,61	H ₀ diterima	d_FDI tidak mempengaruhi d_PDB
	d_PDB	10,4729	2,61	H ₀ ditolak	d_PDB tidak mempengaruhi d_FDI
Lag 3	d_FDI	1,73134	2,61	H ₀ diterima	d_FDI tidak mempengaruhi d_PDB
	d_PDB	5,62395	2,61	H ₀ ditolak	d_PDB mempengaruhi d_FDI
Lag 4	d_FDI	2,10396	2,61	H ₀ diterima	d_FDI tidak mempengaruhi d_PDB
	d_PDB	5,47361	2,61	H ₀ ditolak	d_PDB mempengaruhi d_FDI
Lag 5	d_FDI	2,06846	2,61	H ₀ diterima	d_FDI tidak mempengaruhi d_PDB
	d_PDB	3,76709	2,61	H ₀ ditolak	d_PDB mempengaruhi d_FDI

Kesimpulan:

Berdasarkan pengujian kausalitas granger dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ didapatkan kesimpulan untuk pengujian 5 lag bahwa pada lag ke 1, lag ke 2, lag ke 3, lag ke 4 dan lag ke 5 variabel d_FDI tidak mempengaruhi d_PDB tetapi d_PDB memiliki peran mempengaruhi d_FDI atau dapat disebut memiliki hubungan satu arah. Hasil kesimpulan pada pengujian ini dituliskan pada Tabel 3.

4.4. Penentuan lag Optimal

Tabel 3. Nilai AIC Lag 1 Sampai dengan Lag 10

Kriteria	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5
AIC	39,98843	39,61046	39,70052	39,56228*	39,70921
	Lag 6	Lag 7	Lag 8	Lag 9	Lag 10
	39,77891	39,67067	39,85282	39,69944	39,79322

Pada Tabel 3 dapat diketahui hasil pengujian untuk kesepuluh lag yang telah dicobakan. Nilai AIC terkecil terdapat pada lag 4 yaitu sebesar 39,56228, sehingga dalam mengestimasi model VAR nanti akan menggunakan lag 4.

4.5. Model Peramalan lag 4

Berdasarkan hasil estimasi untuk masing-masing variabel berdasarkan Persamaan 2 model peramalan VAR untuk peramalan nilai d_FDI dan nilai d_PDB dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{PDB} &= 749,3718 + 1,0438\text{PDB}(-1) - 0,0728\text{PDB}(-2) + 0,1776\text{PDB}(-3) + 0,0052\text{PDB}(-4) \\
 &\quad - 0,1534\text{PDB}(-5) + 0,0017\text{FDI}(-1) - 0,0314\text{FDI}(-2) \\
 &\quad + 0,0162\text{FDI}(-3) + 0,0079\text{FDI}(-4) + 0,0056\text{FDI}(-5) \\
 \text{FDI} &= 620,7259 + 0,1464\text{PDB}(-1) + 3,4812\text{PDB}(-2) - 5,4426\text{PDB}(-3) + 1,3177\text{PDB}(-4) \\
 &\quad + 0,4973\text{PDB}(-5) + 1,1894\text{FDI}(-1) - 0,3544\text{FDI}(-2) \\
 &\quad + 0,3983\text{FDI}(-3) - 0,6220\text{FDI}(-4) + 0,3887\text{FDI}(-5)
 \end{aligned}$$

4.6. Pengujian Signifikansi Parameter

Tabel 4. Nilai t_{hitung} dan Keputusan dari masing masing parameter

$t_{tabel} = -2.01808$	d_FDI		d_PDB	
	t_{hitung}	Keputusan	t_{hitung}	Keputusan
d_FDI(-1)	1.09687	H_0 ditolak	0.05617	H_0 ditolak
d_FDI(-2)	-1.09687	H_0 ditolak	-1.03778	H_0 ditolak
d_FDI(-3)	1.68677	H_0 ditolak	-0.56070	H_0 ditolak
d_FDI(-4)	-2.43253	H_0 diterima	-0.19955	H_0 ditolak
d_PDB(-1)	0.13405	H_0 ditolak	0.22977	H_0 ditolak
d_PDB(-2)	3.41678	H_0 ditolak	-0.15869	H_0 ditolak
d_PDB(-3)	-1.44637	H_0 ditolak	0.67671	H_0 ditolak
d_PDB(-4)	-0.38100	H_0 ditolak	0.67346	H_0 ditolak

Dengan menggunakan taraf signifikansi $\alpha=5\%$ didapat kesimpulan bahwa pada model d_FDI terdapat 1 parameter yang tidak signifikan yaitu d_FDI(-4),. Sedangkan pada model d_PDB tidak terdapat parameter yang tidak signifikan.

4.7 Pengujian Asumsi Residual

4.7.1 Uji Indepedensi

Pada Tabel 5 model peramalan d_FDI dan d_PDB diketahui bahwa tidak terdapat nilai prob yang kurang dari $\alpha= 0,05$ atau H_0 diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi residual antar *lag* pada model.

Tabel 5. Uji Independensi *Lag* 4 terhadap Model d_FDI & d_PDB

Lags	Qstat	p-value	Lags	Qstat	p-value
1	1.1256	0.8902	21	52.7039	0.9970
2	3.0781	0.9294	22	52.9507	0.9989
3	6.0064	0.9158	23	54.1368	0.9994
4	10.3784	0.8461	24	54.9347	0.9998
5	12.5011	0.8977	25	55.5151	0.9999
6	16.4409	0.8715	26	55.6534	1.0000
7	29.6902	0.3782	27	55.8343	1.0000
8	35.7970	0.2947	28	55.9637	1.0000
9	39.0920	0.3327	29	55.9961	1.0000
10	42.4705	0.3651	30	56.2243	1.0000
11	43.5500	0.4908	31	56.2893	1.0000
12	45.0835	0.5931	32	56.3098	1.0000
13	45.9150	0.7108	33	56.3556	1.0000
14	47.1413	0.7944	34	56.3752	1.0000
15	51.1726	0.7845	35	56.3793	1.0000
16	51.7154	0.8653	36	56.3918	1.0000
17	52.0697	0.9239	37	56.3977	1.0000
18	52.0884	0.9629	38	56.4002	1.0000
19	52.4119	0.9822	39	56.4032	1.0000
20	52.5801	0.9924	40	56.4054	1.0000

4.7.2 Uji Multinormal Residual

Tabel 6. Uji Asumsi Normal Multivariat Residual

Model	D	$D_{(0,95;47)}$	P-value	Keputusan
VAR (4)	0,2444	0,7924	0,1363	H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 7 nilai $D < D_{(1-\alpha),n}$ atau p-value $> \alpha$ sehingga dapat disimpulkan bahwa residual dari model VAR (4) dengan parameter yang signifikan sudah mengikuti distribusi normal multivariat.

5. KESIMPULAN

Model VAR yang terbaik untuk data Domestik Bruto (PDB) dan *Foreign Direct Investment* (FDI) adalah model VAR (4) dengan nilai MAPE sebesar 2,38% dan telah memenuhi asumsi Independensi dan normal multivariat. Pada model peramalan d_FDI dan d_PDB hasil perhitungannya harus dikembalikan lagi dalam satuan FDI dan PDB sebelum dilakukan *differencing*. Sehingga model VAR (4) untuk meramalkan Produk Domestik Bruto (PDB) dan *Foreign Direct Investment* (FDI) adalah:

$$\begin{aligned} PDB = & 749,3718 + 1,0438PDB(-1) - 0,0728PDB(-2) + 0,1776PDB(-3) + 0,0052PDB(-4) \\ & - 0,1534PDB(-5) + 0,0017FDI(-1) - 0,0314FDI(-2) \\ & + 0,0162 FDI(-3) + 0,0079FDI(-4) + 0,0056FDI(-5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FDI = & 620,7259 + 0,1464PDB(-1) + 3,4812PDB(-2) - 5,4426PDB(-3) + 1,3177PDB(-4) \\ & + 0,4973PDB(-5) + 1,1894FDI(-1) - 0,3544FDI(-2) \\ & + 0,3983 FDI(-3) - 0,6220FDI(-4) + 0,3887FDI(-5) \end{aligned}$$

DAFTAR PUSTAKA

1. Bohling, Geoff. 2006. *Classical Normal-Based Discriminant Analysis*. <http://people.ku.edu/~gbohling/EECS833>
2. Effendi, N. dan Soemantri, F.M. 2003. *Foreign Direct Investment And Regional Economic Growth in Indonesia: A Panel Data Study*. The 6TH IRSA INTERNATIONAL CONFERENCE, Regional Development in The Era of Decentralization: Growth, Poverty, and Environment, Bandung.
3. Gujarati, N.D dan Porter, D.C. 2012. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Edisi 5. Jakarta : Salemba Empat.
4. Juanda, B. dan Junaidi. 2012. *Ekonometrika Deret Waktu Teori dan Aplikasi*. Bogor : IPB Press
5. Johnson, R.A dan Wichern D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Sixth Edition. New Jersey: Prentice Hall.
6. Lütkepohl, H. 2007. *Econometric Analysis with Vector Autoregressive Models*. *EUI Working Papers ECO*. 1725-6704.
7. Makridakis, S, Wheelwright, S.C, McGee, V.E. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jilid I. Edisi 2. Jakarta : Erlangga.
8. Mankiw, G. 2013. *Principles of Economics*. Sixth Edition. Harvard University
9. Okky, D. dan Setiawan. 2012. *Pemodelan Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG), Kurs, dan Harga Minyak Dunia dengan Pendekatan Vector Autoregressive*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 1, No. 1. Surabaya
10. Rosadi, D. 2011. *Ekonometrika dan Analisis Runtun Waktu Terapan dengan Eviews*. Yogyakarta : Andi.

11. Sugiarto dan Harijono. 2000. *Peramalan Bisnis*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
12. Suhartono dan Subanar. *Some Comments on The Theorem Providing Stationarity Condition for GSTAR Models in The Paper by Borovkova et al.* Surabaya
13. Sukirno. S. 2008. *Makroekonomi, Teori dan Pengantar*. Edisi 3. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
14. Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta : Karunika Jakarta Universitas Terbuka.
15. Walpole, R.E dan Myers, R.H. 1986. *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: Penerbit ITB.
16. Wei, W.W.S. 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods*. Second Edition. USA: Pearson Education, Inc.
17. Widarjono, A. 2013. *Ekonometrika Pengantar dan Aplikasinya*. Edisi 4. Yogyakarta : UPP STIM YKPN.